

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-355033

(43)Date of publication of application : 26.12.2000

(51)Int.Cl.

B29C 45/76
B29C 45/26
G01L 7/00
// B29K101:00

(21)Application number : 2000-074408

(71)Applicant : FANUC LTD
FUJITSU LTD
TORAY IND INC

(22)Date of filing : 16.03.2000

(72)Inventor : KAMIGUCHI MASAO
UCHIYAMA TATSUHIRO
NISHIYAMA SHUSAKU
TAKASAKI IKUSHI
SAKABA KATSUYA

(30)Priority

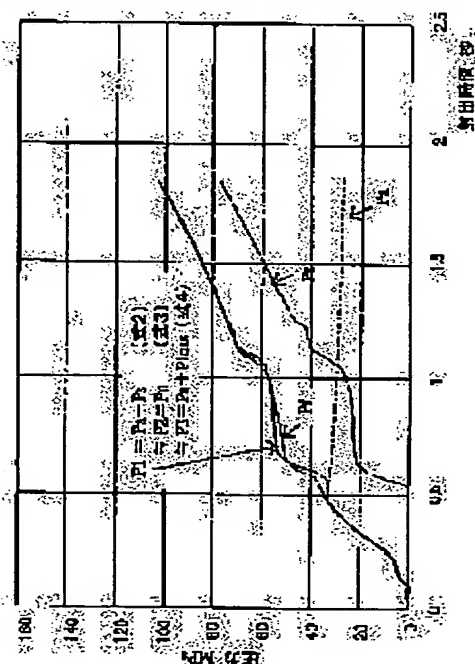
Priority number : 11105893 Priority date : 13.04.1999 Priority country : JP

(54) METHOD AND APPARATUS FOR FORMING MOLDING CONDITION, MEDIUM AND MOLDING MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an injection pressure curve of a molding condition by a simple method utilizing a resin flow analyzing result by CAE.

SOLUTION: The resin flow in a mold is analyzed by CAE or the like to obtain a resin pressure curve P_s at a resin inflow port or a resin pressure curve P_n at the end part of the nozzle of a molding machine. Injection (air shot) is performed in such a state that a nozzle is separated from a mold and the injection pressure curve P_a detected at this time is obtained. An injection pressure command curve P as a molding condition at a time of mass-production is obtained on the basis of the injection pressure curve P_a and the resin pressure curve P_s or P_n . The time delay and pressure loss caused by the machine elements of an injection molding machine are compensated by the injection pressure curve P_a of the air shot with respect to the resin pressure curves P_a , P_n obtained by the analysis of the resin flow and the molding condition of mass-production molding can be simply obtained. The pressure loss P_{loss} of a nozzle part is also calculated to obtain the injection pressure command curve P on the basis of P_{loss} , P_a and P_s .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3490374

[Date of registration] 07.11.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

8735
3490374
(2003.11.7)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-355033

(P2000-355033A)

(43) 公開日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テームト* (参考)
B 2 9 C 45/76		B 2 9 C 45/76	2 F 0 5 5
45/26		45/26	4 F 2 0 2
G 0 1 L 7/00		G 0 1 L 7/00	A 4 F 2 0 6
// B 2 9 K 101:00			

審査請求 有 請求項の数21 OL (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-74408(P2000-74408)
(22) 出願日 平成12年3月16日 (2000. 3. 16)
(31) 優先権主張番号 特願平11-105893
(32) 優先日 平成11年4月13日 (1999. 4. 13)
(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 390008235
ファナック株式会社
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
(71) 出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(71) 出願人 000003159
東レ株式会社
東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号
(74) 代理人 100082304
弁理士 竹本 松司 (外4名)

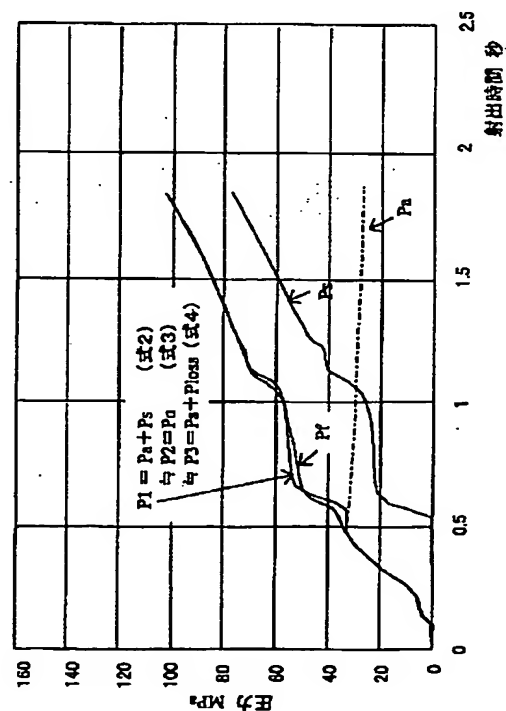
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成形条件作成方法、装置、媒体及び成形機

(57) 【要約】

【課題】 CAEによる樹脂流動解析結果を利用して簡単な方法で成形条件の射出圧力カーブを得る。

【解決手段】 CAE等により金型内の樹脂流動解析を行い樹脂流入口での樹脂圧力カーブ P_s 、又は、成形機のノズル端部での樹脂圧力カーブ P_n を得る。ノズルを金型から離脱させた状態で射出（エアショット）を行い、そのとき検出される射出圧力カーブ P_a を得る。射出圧力カーブ P_a と樹脂圧力カーブ P_s 又は P_n により、量産時の成形条件としての射出圧力指令カーブ P を10得る。樹脂流動解析によって得られた樹脂圧力カーブ P_s 、 P_n に対して、エアショットの射出圧力カーブ P_a により、射出成形機の機械要素による時間遅れ、圧力ロス P_{loss} を補い、簡単に量産成形の成形条件を得ることができる。また、ノズル部の圧力損失 P_{loss} をも求めて、 P_{loss} 、 P_a 、 P_s によって射出圧力指令カーブ P を得る。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブを得る工程と、エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、前記エアショット時の射出圧力カーブと前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める工程とを有することを特徴とする射出成形条件作成方法。

【請求項2】 前記成形条件となる射出圧力カーブを求める工程は、成形機で射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとを加算して、成形条件となる射出圧力カーブとしたことを特徴とする請求項1に記載の射出成形機における射出成形条件作成方法。

【請求項3】 圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失カーブを樹脂流動解析により得る工程を有し、前記成形条件となる射出圧力カーブを求める工程は、成形機で射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブと前記圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失カーブとを加算して、成形条件となる射出圧力カーブとしたことを特徴とする請求項1に記載の射出成形機における射出成形条件作成方法。

【請求項4】 金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブを得る工程と、エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、前記エアショット時の射出圧力カーブと前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める工程とを有することを特徴とする射出成形機における射出成形条件作成方法。

【請求項5】 前記成形条件となる射出圧力カーブを求める工程は、成形機で射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとする請求項4に記載の射出成形機における射出成形条件作成方法。

【請求項6】 少なくとも前記ノズル部の樹脂流動解析において、樹脂粘度の圧力依存性を考慮した解析を行うことを特徴とする請求項3、請求項4又は請求項5に記載の射出成形条件作成方法。

【請求項7】 前記エアショット時の射出圧力カーブを得る工程は、種々の条件の下で実測したエアショット時の射出圧力カーブデータを記憶した記憶手段に記憶

2

された既知エアショット射出圧力カーブデータに基づいて新規な条件下での射出圧力カーブを作成することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の射出成形機における成形条件作成方法。

【請求項8】 前記エアショット時の射出圧力カーブを得る工程は、使用樹脂及び成形機のシリンダとノズル形状が同一で、複数のレベルの樹脂温度と射出速度によって行われたエアショット時の実測射出圧力カーブデータを内挿することによって、当該成形時の成形条件の樹脂温度と射出速度に対するエアショット時の射出圧力カーブを作成することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の射出成形機における成形条件作成方法。

【請求項9】 金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって得られた金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブを記憶する手段と、エアショット時の射出圧力カーブを得る手段と、前記エアショット時の射出圧力カーブと前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める手段とを有することを特徴とする射出成形機。

【請求項10】 成形条件となる射出圧力カーブを求める手段は、設定された成形機で射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとを加算して、成形条件となる射出圧力カーブとして生成する請求項9記載の射出成形機。

【請求項11】 圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失カーブを樹脂流動解析する手段を備え、成形条件となる射出圧力カーブを求める手段は、設定された射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブと前記圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失カーブとを加算して、成形条件となる射出圧力カーブとして生成する請求項9に記載の射出成形機。

【請求項12】 金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって得られた成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブを記憶する手段と、エアショット時の射出圧力カーブを得る手段と、前記エアショット時の射出圧力カーブと前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める手段とを有することを特徴とする射出成形機。

【請求項13】 前記成形条件となる射出圧力カーブを求める手段は、射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れとして設定された遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記樹脂流動解析による

3

樹脂圧力カーブを成形条件として射出圧力カーブを生成する請求項12に記載の射出成形機。

【請求項14】 種々の条件の下で実測したエアショット時の射出圧力カーブデータを記憶する記憶手段を備え、前記エアショット時の射出圧力カーブを得る手段は、前記記憶手段に記憶された既知エアショット射出圧力カーブデータに基づいて新規な条件下での射出圧力カーブを作成することを特徴とする請求項9～13のいずれかに記載の射出成形機。

【請求項15】 使用樹脂及び成形機のシリンダとノズル形状が同一で、複数のレベルの樹脂温度と射出速度によって行われたエアショット時の実測射出圧力カーブデータを記憶する記憶手段を備え、前記エアショット時の射出圧力カーブを得る手段は、前記記憶手段に記憶された実測射出圧力カーブデータを内挿することによって、当該成形時の成形条件の樹脂温度と射出速度に対するエアショット時の射出圧力カーブを作成することを特徴とする請求項9～13のいずれかに記載の射出成形機。

【請求項16】 金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブを得るための樹脂流動解析装置と、エアショット時の射出圧力カーブを得るための射出成形機とから構成され、該射出成形機は前記樹脂流動解析装置の樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求めることを特徴とする射出成形条件作成装置。

【請求項17】 金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブを得るための樹脂流動解析装置と、エアショット時の射出圧力カーブを得るための射出成形機とから構成され、該射出成形機は前記樹脂流動解析装置の樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求めることを特徴とする射出成形条件作成装置。

【請求項18】 金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブを得る工程と、エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める工程の各ステップを射出成形機を制御する制御装置のコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項19】 エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、該工程で得られたエアショット時の射出圧力カーブと、入力される金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって得られた金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブとに基づいて、成形条件となる射出圧力カー

4

ブを求める工程の各ステップを射出成形機を制御する制御装置のコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項20】 金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブを得る工程と、エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める工程の各ステップを射出成形機を制御する制御装置のコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項21】 エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、該工程で得られたエアショット時の射出圧力カーブと、入力される金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって得られた成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブとに基づいて、成形条件となる射出圧力カーブを求める工程の各ステップを射出成形機を制御する制御装置のコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、成形条件としての射出圧力カーブを得る方法、装置及び該方法を記憶した記録媒体に関する。特に樹脂流動解析によって得られた射出圧力カーブを利用して成形条件となる射出圧力カーブを得る方法、装置及び該方法をコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 射出成形機による成形において、成形条件の1つとして、射出（充填）工程における射出圧力カーブを設定し、射出工程時には、この設定した射出圧力カーブと実際の射出圧力カーブが一致するように射出圧力を制御する射出圧力制御方式が知られている。

【0003】 又、金型内部の樹脂の流動解析を行うことで、金型内部の任意の位置の樹脂圧力を求める手法として樹脂流動解析CAE（コンピュータ・エイディッド・エンジニアリング）が開発されている（伊藤忠ほか2名編集、「射出成形」、1993年8月10日、改訂第10版、第210～第214頁「樹脂流動解析CAEシステム」（株）プラスチックス・エージ発行参照）。この樹脂流動解析CAEは、解析条件として金型温度や、金型における樹脂流入口（射出成形機側から見るとノズル先端）における熔融樹脂の流動速度と樹脂温度などを与え、金型内部の流動解析を行うことで樹脂流入口を基準とした圧力変動を算出するものである。

【0004】 この樹脂流動解析CAEに与える解析条件をそのまま成形機に与えて成形を行う方法が採用されてい

5

るが、射出成形機の機械的な特性や射出成形機のシリンダ、ノズル内での樹脂の圧縮挙動が成形条件に反映されないため、樹脂流動解析CAEの結果をそのまま量産条件として利用することはできなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】一般に、射出成形機では圧力変動を検出する圧力センサはスクリュー後端部に取り付けられていて、金型の樹脂流入口とこの圧力センサとの間にはノズル部やシリンダ部などがある。ノズル部先端（金型に接する部分）は、多くの場合径が急激に絞られているため、スクリュー前進開始後、上記圧力センサにはすぐに圧力が出力されるが、樹脂はノズル内で圧縮されるだけで、金型内部への流動が生じず、金型内部の圧力が出力されるまでに時間遅れが生じるのが普通である。

【0006】図1は、射出圧力制御方式を適用する射出成形機の射出機構部の概要図である。図において、1は金型、2はシリンダ、3はスクリュー、4はシリンダ内に樹脂のベレットを供給するホッパ、5は射出機構部を構成するフロントプレート、6はリアプレート、該フロントプレート5とリアプレート6間にはガイドバー7が複数設けられ、該ガイドバー7にガイドされてプレッシャープレート8が前後進（図において左右方向）に移動自在に配置されている。該プレッシャープレート8にスクリュー3の基部が回転自在に取り付けられていると共に、該基部にはブリーが取り付けられ、スクリュー回転用サーボモータM1によって、駆動ブリー、タイミングベルト等を介してスクリュー3は回転駆動される。又、プレッシャープレート8には、圧力センサ（ロードセル）9を介してボールナット10が取り付けられ、該ボールナット10にはボールネジ11が螺合し、該ボールネジ11は射出用サーボモータM2によって、駆動ブリー、タイミングベルト、受動ブリーを介して回転駆動されるようになっている。

【0007】射出工程時には、射出用サーボモータM2が駆動され、ボールネジ11が回転し、該ボールネジ11に螺合するナット10及びプレッシャープレート8は前進し（図中左方向）、スクリュー3も前進してシリンダ2内の溶融された樹脂が金型1のキャビティ内に射出されることになる。このとき射出圧力は圧力センサ（ロードセル）9で検出されるが、この圧力センサ9で検出する樹脂圧力、すなわち、射出圧力はスクリュー3の後端部の圧力であって、金型1の樹脂流入口での樹脂圧力ではない。圧力センサ9で検出する圧力とCAEでの樹脂流動解析の基準となる金型1の樹脂流入口での樹脂圧力とは異なることになる。

【0008】圧力センサで樹脂圧力を検出する点と金型1の樹脂流入口間には、ノズル12、シリンダ2内の溶融樹脂、さらには、スクリュー3、プレッシャープレート8が介在している。そのため、圧力センサで樹脂圧力50

6

を検出する点から金型1の樹脂流入口まで圧力ロスが生じると共に、ノズル部先端の急激な径の縮小のために、金型内部への流動が生じず、ノズル内で樹脂が圧縮される。ノズル内で圧力がある程度上昇してくると樹脂は、ノズル部を通過し、金型内部へ射出されていく。これらの要因により、射出開始後、圧力センサ9で圧力が検出されてから、金型内部の圧力が出力されるまでに時間遅れが生じる。

【0009】このような理由から、金型の樹脂流入口における圧力に関するCAEの結果をそのまま成形条件として利用することはできず、前記伝達系による遅れ補償などや、伝達系による圧力損失を何らかの方法で補償する必要がある。

【0010】そこで、本発明は、上述した問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、CAEによる樹脂流動解析結果を利用して、簡単な方法で成形条件の射出圧力カーブを得ることができるようになることにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明によれば、金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブを得る工程と、エアーショット時の射出圧力カーブを得る工程と、前記エアーショット時の射出圧力カーブと前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める工程とを有することを特徴とする射出成形条件作成方法が提供される。

【0012】また、本発明の別の態様によれば、前記成形条件となる射出圧力カーブを求める工程は、成形機で射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアーショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブと前記エアーショット時の射出圧力カーブとを加算して、成形条件となる射出圧力カーブとしたことを特徴とする射出成形機における射出成形条件作成方法が提供される。

【0013】また、圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失カーブを樹脂流動解析により得る工程を有し、前記成形条件となる射出圧力カーブを求める工程は、成形機で射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアーショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブと前記圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失カーブとを加算して、成形条件となる射出圧力カーブとしたことを特徴とする射出成形機における射出成形条件作成方法が提供される。

【0014】また、本発明の別の態様によれば、金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブを得る工程と、エアーショット時の射出圧力

7

カーブを得る工程と、前記エアショット時の射出圧力カーブと前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める工程とを有することを特徴とする射出成形機における射出成形条件作成方法が提供される。

【0015】また、本発明の別の態様によれば、前記成形条件となる射出圧力カーブを求める工程は、成形機で射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとする射出成形機における射出成形条件作成方法が提供される。

【0016】また、本発明の別の態様によれば、少なくとも前記ノズル部の樹脂流動解析において、樹脂粘度の圧力依存性を考慮した解析を行うことを特徴とする射出成形条件作成方法が提供される。

【0017】また、本発明の別の態様によれば、前記エアショット時の射出圧力カーブを得る工程は、種々の条件の下で実測したエアショット時の射出圧力カーブ20データを記憶した記憶手段に記憶された既知エアショット射出圧力カーブデータに基づいて新規な条件下での射出圧力カーブを作成することを特徴とする射出成形機における成形条件作成方法が提供される。

【0018】また、本発明の別の態様によれば、前記エアショット時の射出圧力カーブを得る工程は、使用樹脂及び成形機のシリンダとノズル形状が同一で、複数のレベルの樹脂温度と射出速度によって行われたエアショット時の実測射出圧力カーブデータを内挿することによって、当該成形時の成形条件の樹脂温度と射出速度に30対するエアショット時の射出圧力カーブを作成することを特徴とする射出成形機における成形条件作成方法が提供される。

【0019】また、本発明の別の態様によれば、金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって得られた金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブを記憶する手段と、エアショット時の射出圧力カーブを得る手段と、前記エアショット時の射出圧力カーブと前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める手段とを有することを特徴とする射出40成形機が提供される。

【0020】また、本発明の別の態様によれば、成形条件となる射出圧力カーブを求める手段は、設定された成形機で射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとを加算して、成形条件となる射出圧力カーブとして生成する射出成形機が提供される。

8

【0021】また、本発明の別の態様によれば、成形機の圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失カーブを樹脂流動解析する手段を備え、成形条件となる射出圧力カーブを求める手段は、設定された射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブと前記圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失カーブとを加算して、成形条件となる射出圧力カーブとして生成する射出成形機が提供される。

【0022】また、本発明の別の態様によれば、金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって得られた成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブを記憶する手段と、エアショット時の射出圧力カーブを得る手段と、前記エアショット時の射出圧力カーブと前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める手段とを有することを特徴とする射出成形機が提供される。

【0023】また、本発明の別の態様によれば、前記成形条件となる射出圧力カーブを求める手段は、射出を開始してノズル先端から樹脂が射出されるまでの遅れとして設定された遅れ時間分は、前記エアショット時の射出圧力カーブを成形条件となる射出圧力カーブとし、以後は、前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブを成形条件として射出圧力カーブを生成する射出成形機が提供される。

【0024】また、本発明の別の態様によれば、種々の条件の下で実測したエアショット時の射出圧力カーブデータを記憶する記憶手段を備え、前記エアショット時の射出圧力カーブを得る手段は、前記記憶手段に記憶された既知エアショット射出圧力カーブデータに基づいて新規な条件下での射出圧力カーブを作成することを特徴とする射出成形機が提供される。

【0025】また、本発明の別の態様によれば、使用樹脂及び成形機のシリンダとノズル形状が同一で、複数のレベルの樹脂温度と射出速度によって行われたエアショット時の実測射出圧力カーブデータを記憶する記憶手段を備え、前記エアショット時の射出圧力カーブを得る手段は、前記記憶手段に記憶された実測射出圧力カーブデータを内挿することによって、当該成形時の成形条件の樹脂温度と射出速度に対するエアショット時の射出圧力カーブを作成することを特徴とする射出成形機が提供される。

【0026】また、本発明の別の態様によれば、金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブを得るための樹脂流動解析装置と、エアショット時の射出圧力カーブを得るための射出成形機とから構成され、該射出成形機は前記樹脂流動

9

解析装置の樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求めることを特徴とする射出成形条件作成装置が提供される。

【0027】また、本発明の別の態様によれば、金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブを得るための樹脂流動解析装置と、エアショット時の射出圧力カーブを得るための射出成形機とから構成され、該射出成形機は前記樹脂流動解析装置の樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求めることを特徴とする射出成形条件作成装置が提供される。

【0028】また、本発明の別の態様によれば、金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブを得る工程と、エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める工程の各ステップを射出成形機を制御する制御装置20のコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体が提供される。

【0029】また、本発明の別の態様によれば、エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、該工程で得られたエアショット時の射出圧力カーブと、入力される金型内樹脂の流動を解析する樹脂流動解析によって得られた金型の樹脂流入口の樹脂圧力カーブとに基づいて、成形条件となる射出圧力カーブを求める工程の各ステップを射出成形機を制御する制御装置のコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体が提供される。

【0030】また、本発明の別の態様によれば、金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブを得る工程と、エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、前記樹脂流動解析による樹脂圧力カーブと前記エアショット時の射出圧力カーブとに基づいて成形条件となる射出圧力カーブを求める工程の各ステップを射出成形機を制御する制御装置のコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体が提供される。

【0031】また、本発明の別の態様によれば、エアショット時の射出圧力カーブを得る工程と、該工程で得られたエアショット時の射出圧力カーブと、入力される金型内の樹脂流路と成形機のノズル部を解析対象とした樹脂流動解析によって得られた成形機ノズル部のシリンダ側端部の樹脂圧力カーブとに基づいて、成形条件となる射出圧力カーブを求める工程の各ステップを射出成形機を制御する制御装置のコンピュータに実施させるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒

10

体が提供される。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態について詳述する。射出成形機のハードウェア構成は図1に示した従来の構成と同一である。又、この射出成形機を制御する制御装置の構成を図2に示す。コンピュータシステムで構成されている制御装置も従来と変わるところはない。この制御装置のプロセッサが実行する成形条件としての射出圧力カーブを得る点の処理が追加されている点で、従来と異なるものである。

【0033】図2において、符号30は、この射出成形機全体を制御するプロセッサであり、バス27を介して、通信インターフェース20、入出力インターフェース28、アナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器22、サーボインターフェース26、ROM、RAM、不揮発性RAM等で構成されたメモリ31が接続されている。通信インターフェース20には、CAEシステム40が通信で接続され、該CAEシステム40で解析された使用金型1に対する金型内の樹脂流動解析結果のデータが送られ、メモリ31内の不揮発性RAM部に格納されるようになっている。入出力インターフェース28には、液晶やCRTで構成された表示手段を備える入出力装置29が接続され、該入出力手段によって各種指令、各種パラメータの設定等が可能で、かつ、表示手段には、各種設定値や後述射出圧力カーブ（波形）等のモニタデータを表示できるようになっている。

【0034】サーボインターフェース26には、サーボ回路25及び各サーボモータに取り付けられた位置・速度検出器としてのパルスレコーダ24が接続されており、サーボ回路25にはサーボモータM2が接続されている。なお、この図2には射出用サーボモータM2とそのサーボ回路25のみを示し、他のサーボモータやサーボ回路については省略している。なお、サーボ回路は、電気回路等のハードウェアのみで構成してもよく、又、プロセッサ、ROM、RAM等で構成し、サーボモータの位置、速度、トルク等の制御をソフトウェアで制御する、いわゆるデジタルサーボ回路で構成してもよい。

【0035】上述した構成は、従来の射出成形機の制御装置の構成と同一である。そして、射出工程時には、メモリ31に記憶されている設定射出圧力カーブ（射出圧力データ）P、設定射出速度パターン（射出速度データ）Vに基づいて、射出用サーボモータM2を駆動制御する。

【0036】図3は、従来から行われている射出工程時の射出用サーボモータM2の駆動制御系のブロック図である。速度指令パターンのみで、射出工程を制御する場合には、スイッチSWはオフとされ、速度指令を圧力フィードバック制御により補正する場合には、該スイッチSWはオンとされる。

【0037】設定射出速度パターンVに従って速度指令

11

vが出力され(ブロック53参照)、この速度指令vと、サーボモータM2に取り付けられた該サーボモータの位置、速度を検出する位置・速度検出器のパルスレコーダ24からのフィードバック速度vfに基づいて、比例、積分等の速度フィードバック制御がなされ(ブロック54参照)、トルク指令が求められ、サーボアンプ55を介して、射出用サーボモータM2が駆動される。射出用サーボモータM2が駆動されると、ボールネジ11、ナット10、圧力センサ(ロードセル)9、プレッシャープレート8等の伝達機構(ブロック52)を介してスクリュース3が前進し、溶融樹脂が金型1内に射出される。この際、射出圧力(溶融樹脂に加わる圧力)は圧力センサ9で検出される。設定射出圧力カーブP(ブロック50)によって求められる目標圧力pと圧力センサ9によって検出されフィードバックされた圧力pfの偏差に、圧力から速度に変換する係数でもあるゲインKpvを乗じて補正量を求める圧力制御(ブロック51)が行われ、スイッチSWがオンである場合には、求められた補正量を速度指令vに加算し速度指令vを補正する。以下、圧力偏差によって速度指令を補正しながら射出用サーボモータM2の速度を制御し、検出射出圧力が設定射出圧力カーブと一致するように駆動制御されることになる。なお、圧力フィードバック制御による補正を行わない場合には、スイッチSWはオフとされている。

【0038】設定射出圧力カーブP(ブロック50)によって求められる目標圧力pと圧力センサ9によって検出された圧力pfにより補正量を求める圧力制御(ブロック51)、及びこの補正量を設定射出速度パターンVから得られる速度指令vに加算して補正し、補正された速度指令vを得るまではプロセッサ30で実行され、この速度指令vがサーボインターフェース26を介してサーボ回路25に出力され、該サーボ回路25によってブロック54の速度フィードバック制御がなされる。

【0039】上述した射出工程時の射出速度、射出圧力制御も、従来から実行されているものであり、本発明は、この射出工程の制御を行うための成形条件である射出圧力カーブ(射出圧力データ)を、金型内の樹脂流動を解析する樹脂流動解析によって得られる金型の樹脂流入口の樹脂圧力を利用して簡単に得られるようにしたものである。

【0040】図4は射出成形CAEシステムのフローチャートである。樹脂物性データ100、金型形状データ101と成形条件データ102は、流動解析部104で流動解析するための樹脂流動解析条件ファイル103を作成するのに必要となるデータである。樹脂物性データ100は、樹脂の溶融密度、比熱、熱伝導率などの熱特性や溶融時の粘度特性などである。金型形状データ101は、スプル、ランナー、キャビティなどの樹脂流路の形状データで、通常1次元、2次元または3次元要素でモデル化されている。成形条件データ102は、樹脂温度、射出速度、射出上限圧

12

力、金型温度などである。これらの各データ100~102は記憶手段に記憶され、これらのデータに基づいて流動解析部104で流動解析が実行され解析結果ファイル105が作成され、解析対象とした樹脂流路の流動パターンや任意の位置の圧力、温度などが得られる。

【0041】本発明においては、CAEシステム40で使用する金型1に対する金型内の樹脂流動解析を実施し、その結果として得られた金型1の樹脂流入口(ノズル12からの樹脂の流入口)での樹脂圧力データ(樹脂圧力カーブ)Ps及びこの樹脂流動解析時に使用した射出速度データ(速度カーブ)V0をメモリ31の不揮発性メモリ部に格納する。又、金型の樹脂流入口の樹脂速度に対応する使用する射出成形機のスクリュースの射出速度との関係を求め、この関係は金型の樹脂流入口の断面積(ノズル孔の断面積)とシリンダ内径(スクリュース)断面積との比で求められるから、予めこの比例定数をメモリ31内に設定しておく。又、射出を開始してから溶融樹脂がノズル先端から射出されるまでの遅れ時間を予め測定しておく。なお、プロセッサ30はこの設定遅れ時間を後述する射出制御のサンプリング周期の周期で除してサンプリング周期の数Ndelayとして遅れ時間を記憶する。

【0042】遅れ時間は、後述するエアショットを実施して測定するか、あるいは、金型の樹脂流入口に圧力センサーを取り付け、通常の射出を行うことで実験的に測定する。エアショットを行うことによって測定する場合は、射出作業をVTRに撮影し、スクリュースが前進を開始してからノズル先端から樹脂が射出されるまでの時間を測る。又は、図5に示すように、エアショット中の射出圧力を圧力センサ9で測定し、射出開始から圧力が最大となる時点 t_{max} を遅れ時間とするか、又は、樹脂の体積圧縮率を表していると考えられる圧力の時間勾配が直線を外れた時間 t_0 を遅れ時間としてもよい。直線を外れる時点の算定は、エアショット時に射出圧力が最大となる時点から時間が戻る方向に圧力の2次微分値(圧力の時間勾配の時間勾配)がほぼ0(例えば0.1)Pa/sec²になった最初の時間とするなどが考えられる。さらには、後述するように同じ成形機と樹脂によって過去に測定したエアショット時の射出圧力を参考に現在の射出条件でのエアショットの射出圧力を推定して遅れ時間を設定してもよい。

【0043】また、金型の樹脂流入口に圧力センサーを取り付けた場合は、通常の射出を行い、スクリュースが前進を開始してから金型の樹脂流入口に取り付けられた圧力センサーが圧力を検出するまでの時間を測定し、この時間を遅れ時間とする。

【0044】そこで、プロセッサ30は、樹脂流動解析時に使用した射出速度データ(速度カーブ)V0がメモリ31の不揮発性メモリ部に格納されると、この射出速度データ(速度カーブ)に対して上述した比例係数を乗じて、スクリュースの射出速度に変換し、さらに、この射出

40

13

速度の初期値を前記遅れ時間分追加し（射出速度カーブの第1段目の速度指令をこの遅れ時間分追加し）、射出速度指令データ（速度カーブ）Vを作成し、メモリ31の不揮発性メモリ部に記憶する。

【0045】次に、射出ユニットを後退させて金型1からノズル12を離脱させた状態、若しくは金型を開いた状態とする。この状態でメモリ31に記憶設定されている射出速度指令データ（速度カーブ）Vを用いて、射出を行う。この場合、射出圧力による補正は行わず、速度制御のみ行う。すなわち図3においてスイッチSWをオフ10の状態、射出制御を行うものである。以下この射出動作をエアショットという。さらにこのエアショットの際、圧力センサ9で射出圧力を検出し、A/D変換器22を介してプロセッサは読み取りメモリ31内に記憶する。

【0046】図6はプロセッサ30が行うこのエアショット時の射出圧力カーブを検出する射出圧モニタ処理のフローチャートである。この処理のプログラムはメモリ31内に予め格納されている。エアショットによる射出圧モニタ指令が指令されると、前述した条件でエア20ショットを行うとともに、プロセッサ30は、まず、サンプリング周期で離散化された時間を表すカウンタNを「0」にクリアし（ステップ200）、A/D変換器22を介して読み込まれる圧力センサ9で検出された射出圧pfを、エアショット射出圧力パターンのサンプリングN回目のデータPa(N)として記憶する（ステップ201）。そしてカウンタNを「1」インクリメントし（ステップ202）、該カウンタNの値が前記樹脂流動解析で得られた樹脂流入口の樹脂圧力のデータの数N0に遅れ分のサンプリング数Ndelayを加算した数Nmax、を超30えたか判断し（ステップ203）、超えるまでステップ201～ステップ203の処理をサンプリング周期毎実

$$Pa(N) = Pa2(N) + (Pa2(N) - Pa1(N)) \times (T - Ti + 1) / (Ti - Ti + 1) \dots (1)$$

ここで、 $Pa1(N) = Pi,j(N) + (Pi,j+1(N) - Pi,j(N)) \times (V - Vj) / (Vj+1 - Vj)$

$Pa2(N) = Pi+1,j'(N) + (Pi+1,j'+1(N) - Pi+1,j'(N)) \times (V - Vj') / (Vj'+1 - Vj')$

図8は、本実施形態において、圧縮性の低いナイロン樹脂を一定の射出速度で平板製品の金型にサイドゲートで射出成形した場合における各射出圧力を示す図で、図8におけるPsは、樹脂流動解析に40によって求められた金型1の樹脂流入口（ノズル12からの樹脂の流入口）での樹脂圧力データ（樹脂圧力カーブ）である。又、図8においてPaはエアショット時の射出圧力データ（射出圧力カーブ）である。

$$P1(N) = \begin{cases} Pa(N) & (N < Ndelay) \\ Pa(N) + Ps(N - Ndelay) & (N \geq Ndelay) \end{cases} \dots (2)$$

図7は、この圧力合成処理のフローチャートであり、この処理のプログラムもメモリ31内に予め格納されてい50

14

行する。こうして、エアショット射出圧力パターンデータPa(0)～Pa(Nmax)が求められる。

【0047】一方、現在の成形条件に基づいて実際にエアショットを行わずに、すでにメモリ31等の記憶手段に記憶されたデータベース上に記録された既存エアショット射出圧力カーブから現在の条件でのエアショット時の射出圧力カーブを作成して使用してもよい。例えば、樹脂、成形機のシリンダとノズル形状が同一であることを前提条件として、樹脂温度と射出速度による内挿方法などによってエアショット時の射出圧力カーブを求めることもできる。エアショット時の射出圧力カーブは射出速度と樹脂温度で一意に決まるデータである。射出速度が異なればエアショット時の射出時間も異なるため、内挿する場合は、時間ではなくスクリー位置で行う。言い換えればサンプリング時間で離散化されたデータ番号で位置あわせを行う。Nを離散化されたデータの番号とし、エアショット時の射出圧力をPa(N)で表す。樹脂温度がTi(i=1…m)とmレベル、射出速度がVj(j=1…n)とnレベルで実測されたエアショットデータが存在する場合、樹脂温度がT、射出速度がVのエアショットの圧力Pa(N)を求めるには、まず、樹脂温度Tを内挿する温度TiとTi+1で、射出速度Vを内挿する速度VjとVj+1、Vj'とVj'+1のデータ、Pa(Ti,Vj)、Pa(Ti,Vj+1)、Pa(Ti+1,Vj')、Pa(Ti+1,Vj'+1)を抽出する(Ti<T<Ti+1、Vj<V<Vj+1、Vj'<V<Vj'+1)。求めようとする圧力Pa(N)は、これら4つの既存データから、温度と速度に対して1次の線形近似で、式(1)に示すように計算され、求められる。この方法では、射出速度と樹脂温度に対して、データ数が多いほど近似精度は向上する。Pi,j(N)=Pa(Ti,Vj)、Pi,j+1(N)=Pa(Ti,Vj+1)、Pi+1,j'(N)=Pa(Ti+1,Vj')、Pi+1,j'+1(N)=Pa(Ti+1,Vj'+1)とくと

【0048】こうして、エアショットによる射出圧データ（射出圧力カーブ）Paが得られると、自動的に、若しくは、圧力合成指令に基づいて、プロセッサ30は成形条件としての射出圧力Pを求める圧力合成処理を開始する。この射出圧力データPを求める圧力合成処理は、エアショットによる射出圧力データ（射出圧力カーブ）Pa及び樹脂流動解析によって求められた樹脂圧力Psに基づいて次の式(2)の演算を行って、射出圧力データP1を求めるものである。

【0049】

【数1】

る。まずカウンタNを「0」にクリアし（ステップ300）、該カウンタNの値が設定されている遅れ時間に対

15

応する遅れサンプリングの数Ndelayより小さいか、判断し、小さい場合には、エアーショットモニタ射出圧力データPa(N)のデータを量産時の目標圧力カーブの射出圧力データP1(N)として格納し、カウンタNを「1」インクリメントし、(ステップ302、303)、ステップ301に戻る。以下、カウンタNの値が遅れ時間に対応するサンプリング数Ndelay以上になるまで、ステップ301～303に処理を繰り返し実行する。そして、カウンタNの値がサンプリング数Ndelay以上になるとステップ304に移行し、カウンタNの値が上述した樹脂流動解析で得られた樹脂圧力のデータの数に遅れ分のサンプリング数を加算した数Nmaxより小さいかを判断し、小さければ、カウンタNの値に対応するエアーショットモニタ射出圧力データPa(N)に、カウンタNの値から遅れ分のサンプリング数Ndelayを減じた樹脂圧力データ(樹脂圧力カーブ)Ps(N-Ndelay)を加算し、目標値としての射出圧力データP1(N)を格納する(ステップ305)。次にカウンタNに「1」加算し(ステップ306)、ステップ304に戻る。以下、カウンタNの値が、Nmax以上になるまで、ステップ304～306の処理を繰り返し実行し、エアーショットによって得られた射出圧力データPa(N)と金型内の樹脂流動解析により得られた樹脂圧力データ(樹脂圧力カーブ)Ps(N)を加算して、目標射出圧力カーブPとしての射出圧力データP1(N)を求める。こうして求められた射出圧力データP1(N)が図8のP1で示

$$P2(N) = \begin{cases} Pa(N) & (N < Ndelay) \\ Pn(N - Ndelay) & (N \geq Ndelay) \end{cases} \quad \dots\dots (3)$$

また、成形機のノズル部分を対象とした圧力損失解析を別途実施し、金型内の樹脂流入口から成形機側のノズル端部までの圧力損失Plossを求め、金型内の樹脂流入口での樹脂圧力カーブPsと圧力損失Plossとを加えることで、式(3)の成形機側のノズル端部の樹脂圧力カーブ

$$P3(N) = \begin{cases} Pa(N) & (N < Ndelay) \\ Ps(N - Ndelay) + Ploss(N - Ndelay) & (N \geq Ndelay) \end{cases} \quad \dots\dots (4)$$

金型内とノズル部で解析領域を分けるメリットには、金型は同一であるが成形機が変わった場合、ノズル形状を変更してノズル部での圧力損失計算をするだけでPnが求まることが挙げられる。実際の成形においては成形機の圧力センサから金型の樹脂流入口までの圧力損失には、ノズル部の他、シリンダ内の圧力損失が含まれているが、シリンダ内での圧力損失がノズル部でのそれに比べて小さいこと、スクリュの前進によってシリンダ内の圧力損失は小さくなっていくことなどから、シリンダ内の圧力損失は無視し、成形機ノズル部の樹脂圧力損失のみを考慮する手法で代用することができる。

【0055】ノズル部をモデル化する際には、1次元要素

16

すカーブである。

【0050】そして、実際に成形品を量産成形する場合には、成形条件として、この射出圧力データP1(N)と、樹脂流動解析時に使用した射出速度データ(速度カーブ)より求められた速度指令データ(速度カーブ)Vを用い、且つ、図3のスイッチSW6をオンにして、従来と同様に射出速度指令を射出圧力制御による補正を行いながら、射出速度制御を行う図3に示す動作を行う。

【0051】樹脂流動解析時に使用した射出速度データV(V0)で射出したときに(なお、スイッチSW6はオフ)、金型内の樹脂流入部に取り付けた圧力センサで出力される圧力が樹脂流動解析で出力された金型内の樹脂流入部の圧力にほぼ等しくなった時の圧力センサ9で検出される射出圧力データをPfとして図8に示す。この図8に示すように、実際の射出圧力カーブPfは、射出成形機の機械的な特性を含む射出成形機のシリンダ、ノズル内での樹脂の圧縮挙動による実際の時間遅れが反映された射出圧力カーブとなる。

【0052】また、流動解析の範囲を金型内だけではなく、金型内と成形機のノズル部とし、成形機側ノズル端部での樹脂圧力Pn(N)を用いて式(3)に示すモデル式にて射出圧力データP2(N)としても上記結果とほぼ同様の圧力結果を得ることができる。

【0053】

【数2】

Pn(N)を求め、式(3)に代入した式(4)のモデル式で射出圧力カーブP3(N)を得ることができ、上記式(3)とほぼ同じ結果が得られる。

【0054】

【数3】

素、あるいは3次元要素でモデル化してもよい。通常ノズルは断面が円形の形状を有しているため、要素情報として断面の直径あるいは半径を属性として与えられた1次元要素で離散化してモデル化することが、モデル化作業の簡易化、解析時間の短縮に有効である。金型内を高精度な3次元要素を用いた流動解析で解析し、構造が軸対称的で単純なノズル部を1次元要素で解析するので、高精度な解析を高速に実施でき、好ましい。

【0056】図9に1次元要素で離散化してモデル化されたノズル形状を示す。n要素に分割されたノズル形状の要素番号iは金型側が1で、成形機側がn、要素iは節点番号iとi+1によって構成されるように番号付けしてお

17

くと整理しやすい。要素*i*の断面の半径を*Ri*で表す。

【0057】図10に1次元要素で*n*分割してモデル化されたノズル形状に対するノズル部での圧力損失解析のフローチャートを示す。この圧力損失解析処理のプログラムもメモリ31内に予め格納されている。

【0058】まず、ステップ400にて流動解析に使用された射出速度データ*V* (*V0*) に成形機側ノズル端部の断面積 πRn^2 を掛け合わせた流量*Q*を計算する。ステップ401では、サンプリング周期で離散化された時間情報を表すカウンタ*N*を「1」に設定し、金型側のノズル端部の樹脂圧力損失累積*PN1*を「0」とする(ステップ403)。ノズル形状モデル内の要素番号カウンタ*i*を「1」に設定し(ステップ404)、要素*i*でのせん断速度 γi を円管内のモデル式(5)から求める(ステップ405)。

$$\gamma i = 4Q / (\pi Ri^3) \dots\dots (5)$$

ここで*Ri*は要素*i*における半径

次にステップ406で、要素*i*内での熔融粘度 ηi を樹脂温度*T* (なお、この樹脂温度は、ノズルに設定された温度より経験的に予想して求める。例えば、ノズル設定温度に10度加算した温度とする。)、せん断速度 γi から、例えば式(6)に示す粘度モデル式などによって求める。

$$\eta i = A \times \gamma i^B \times \text{Exp}(C \times T) \dots\dots (6)$$

ここで、*A*、*B*、*C*は定数

ステップ408は式(7)に示す円管内の流動圧力損失式から要素*i*内での圧力損失 ΔPi を求め、節点*i*の圧力損失累計*PNi*に ΔPi を加え節点*i+1*の圧力損失累計*PNi+1*を求める(ステップ409)。

$$\Delta Pi = Li \times Q \times 8 \eta i / (\pi Ri^4) \dots\dots (7)$$

ここで*Li*は要素*i*の長さ、*Ri*は要素*i*における半径、 ηi は要素*i*における熔融粘度であり、予め入力されている。

【0059】次に要素番号*i*を*i+1*として(ステップ410)、ステップ405に戻り、*i*が*n*を超えるまで406~410の操作を実行して求められた成形機側のノズル端部の節点での圧力損失累計*PNn+1*を*Ploss(N)*として記憶する(ステップ411)。ステップ412は、カウンタ*N*を「1」加算し、カウンタ*N*の値が樹脂流動解析で得られた樹脂流入口の樹脂圧力のデータの数*N0*になるまでステップ402~412の演算を繰り返し、圧力損失カーブ*Ploss(N)*を計算する。

【0060】なお、前述のとおり、成形機のスクリュに設けられた圧力センサで検出される圧力と金型の樹脂流入口における圧力との差異は、圧力センサで樹脂圧力を検出する点と樹脂流入口との間で圧力ロスにより生じる。本発明者らの知見によると、この圧力ロスの大きな部分を占めるのは、シリンダ部よりも位置による径の変化が急激なノズル部での圧力損失である。さらに、シリ

18

ンダ部での圧力損失はスクリュの前進につれて影響が小さくなるがノズル部での損失は常に存在する。したがって、式(3)や式(4)を用いて成形機のノズル部での圧力損失を加味した解析を行うことにより、その影響を小さくすることができるものである。もちろん、シリンダ部他のノズル部以外の部位の圧力損失をさらに加味した解析を行えば解析精度が向上することは言うまでもない。

【0061】式(2)~(4)で得られた射出圧力データ*P1*~*P3*と実測の射出圧力データ*Pf*とは、樹脂の圧縮性が小さく、熔融粘度 η の圧力依存性が小さいときは、図8に示したとおりよく一致する。しかし、樹脂の圧縮性が大きく、熔融粘度 η の圧力依存性が大きいときは必ずしもよく一致するとはいえないことがある。これは、ノズル部先端から金型内へ樹脂が流入する部分など急激に断面が絞られる縮流部に生じる圧力損失や加圧によって流動性が悪くなる現象(粘度の圧力依存性)などが考慮されていないためである。

【0062】そこで、圧縮性の大きな樹脂の場合には、式(3)の金型内から成形機のノズル部までを解析領域として樹脂流動解析を実施する際、または式(4)における成形機側のノズル端部の圧力を求める流動解析を実施する際、少なくともノズル部の解析にはノズル部先端などの縮流部に生じる圧力損失や熔融粘度の圧力依存性を考慮し、成形機側のノズル端部の樹脂圧力カーブ*Pn*を求めることが有効である。これらの現象は、急激に断面が絞られ縮流部が生じ、なおかつ、金型よりも圧力が高くなるノズル部で影響が大きくなる。従って、式(4)に示す方法において、これらの影響を考慮しない金型内の樹脂流動解析により金型内樹脂流入口の樹脂圧力*Ps*を求めておき、ノズル部の圧力損失*Ploss*を求める際には、縮流部での圧力損失や粘度の圧力依存性を考慮したノズル部での圧力損失解析を金型内樹脂流入口の樹脂圧力*Ps*を境界条件として実施し、成形機側のノズル端部の樹脂圧力カーブ*Pn*を求めて、射出圧力*P*とする方法は、金型内を含めた全解析領域の内で縮流部での圧力損失や粘度の圧力依存性を考慮した解析を式(3)を用いて行う方法よりも精度的には劣るが、解析時間の効率化の面から有効である。式(8)に縮流部での圧力損失 ΔP のモデル式の1例を示す。

$$\Delta P = C1 \times \tau^{C2} \dots\dots (8)$$

ここで*C1*、*C2*は定数、 τ はせん断応力で $\tau = \eta \times \gamma$ で計算される。

【0063】また式(9)に圧力依存性を考慮した熔融粘度のモデル式の1例を示す。式(9)において、*T*は樹脂温度、*P*は圧力である。又、*D3*は粘度の圧力依存性を示す係数であり、値が大きいほど圧力依存が大きいことを表す。

$$\eta(T, \gamma, P) = \eta_0(T, P) / \{1 + (\eta_0 \times \gamma / \tau^*)^{1-n}\} \dots\dots (9)$$

ここで $\eta_0(T, P) = D1 \times \text{Exp} \{-A1(T - D2 - D3 \times P) / (A2 + T - D2)\}$

19

A1, A2, D1, D2, D3, τ^* , nは定数

そこで、溶融粘度 η の圧力依存性が大きい樹脂を使用するときは、図10の処理の場合、ステップ403の金型側のノズル端部の圧力に樹脂流動解析により求められた樹脂流入口の圧力を適用し、ステップ407において、上記式(9)の演算を行って、溶融粘度 $\eta(T, \gamma, P)$ を求める。この場合、Tは溶融樹脂温度であり、Pはステップ403、409で求められている圧力損失累計 $\sum P_{Ni}$ を使用すればよい。さらにステップ408で圧力損失を求める際、射出成形機の構造上ノズルの断面が急激に変化する部分で発生するノズル先端($i=1$)に上記式(8)の演算を実行し、断面が急激に変化する部分で発生する圧力損失とし、ステップ8において式(7)で求められた圧力損失にこれを加えることで、粘度の圧力依存性と断面の急激に変化する部分の圧力損失が計算される。

【0064】この場合、上記したようにステップ403において、金型側のノズル端部の圧力に樹脂流動解析により求められた樹脂流入口の圧力を適用しているため、ノズル部の圧力損失だけでなく、金型1を装着した場合20のノズル部の成形機側の端部の全圧力損失を求めていることになる。

【0065】図11は、本実施形態において、ABS樹脂を所定一定速度の条件にて平板製品の金型にサイドゲートで射出成形した場合における各射出圧力を示す図である。ナイロン樹脂に比べ樹脂の圧縮性が大きく、溶融粘度 η の圧力依存性が大きいABS樹脂などの場合は、ノズル部先端から金型内へ樹脂が流入する部分など急激に断面が絞られる縮流部に生じる圧力損失や加圧によって流動性が悪くなる現象(粘度の圧力依存性)を考慮した樹脂流動解析や圧力損失解析結果を使って、式(3)あるいは式(4)のモデル式によって求められた射出圧力カーブは、図11に示すように、実際の射出圧力カーブ P_f にほぼ等しい形で得ることができる。

【0066】なお、本発明の射出成形条件の作成方法の各ステップは、上記のとおり、射出成形機に備え付けられたか独立のコンピュータでプログラムを実行することにより実現するのが好ましい。

【0067】係るプログラム(エアショット時の処理プログラム、圧力剛性処理プログラム、圧力損失解析処理40プログラムさらには樹脂流動解析プログラム等)は、固

20

定磁気ディスク、CD-ROM等のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶されていたり、有線または無線の伝送媒体を経て電子的に配信されることにより流通される。

【0068】

【発明の効果】本発明は、樹脂やシリンダなどの射出成形機の機械特性が加味されたエアショットデータを得ることで、CAEによる樹脂流動解析結果を量産成形の成形条件として得ることができるので、簡単に成形条件を作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の射出成形機機構部の概要図である。

【図2】同実施形態における制御装置の要部概要図である。

【図3】同実施形態における射出工程における制御ブロック図である。

【図4】樹脂流動解析のフローチャートである。

【図5】エアショット時の射出圧力の波形である。

【図6】エアショットによる射出圧モニタ処理のフローチャートである。

【図7】量産時の成形条件の射出圧力指定データ(射出圧力指令カーブ)を得るための処理のフローチャートである。

【図8】同実施形態における各種射出圧力の波形を示す図である。

【図9】ノズルの1次元要素での離散化モデルの例である。

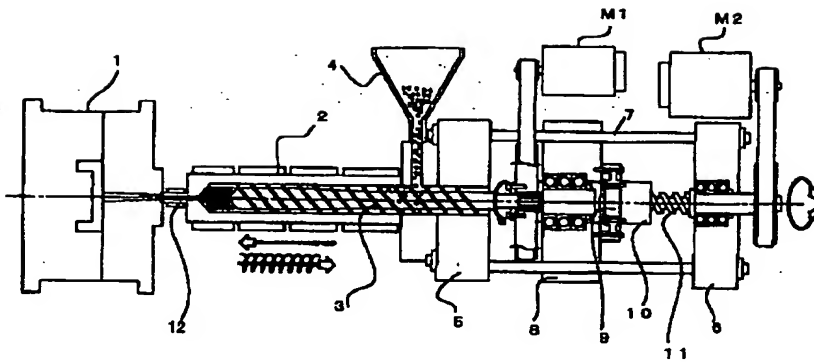
【図10】ノズル部の圧力損失解析のフローチャートである。

【図11】同実施形態における各種射出圧力の波形を示す図である。

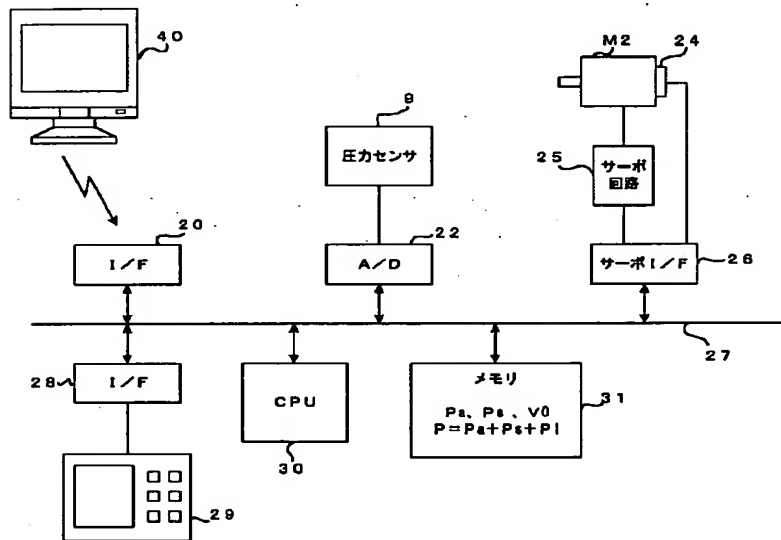
【符号の説明】

- 1 金型
- 2 シリンダ
- 3 スクリュー
- 8 プレッシャープレート
- 9 圧力センサ(ロードセル)
- 10 ボールナット
- 11 ボールネジ
- 12 ノズル
- M2 射出用サーボモータ

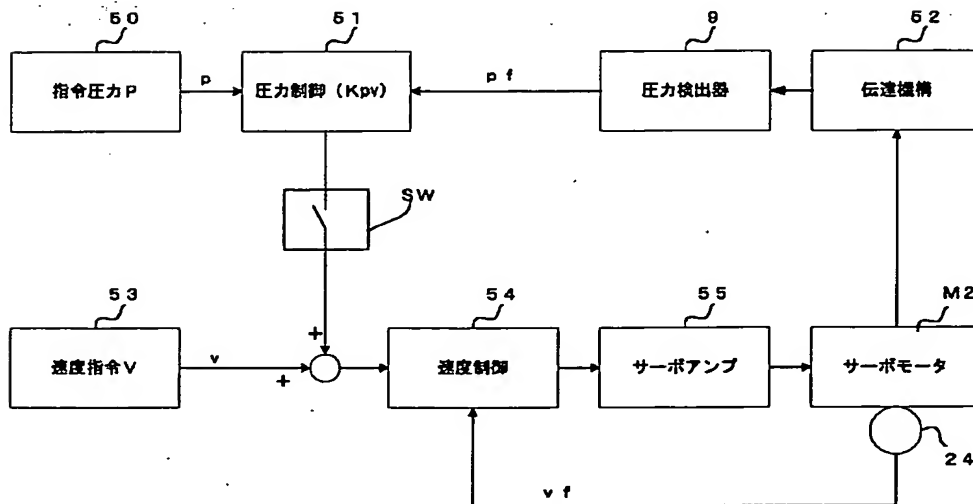
【図1】



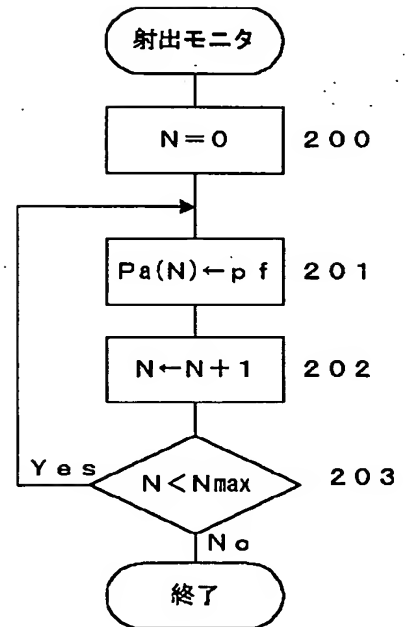
【図2】



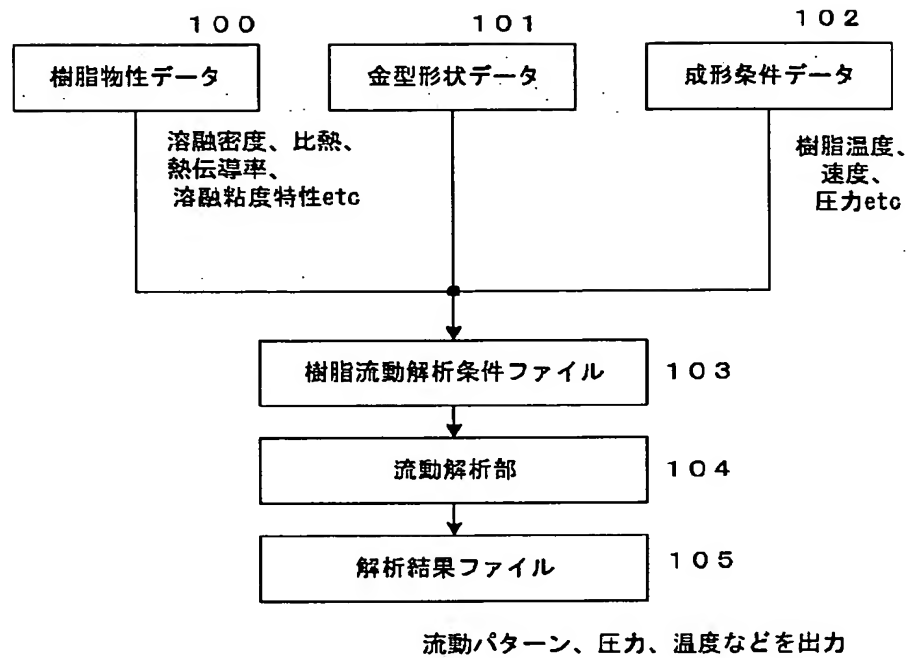
【図3】



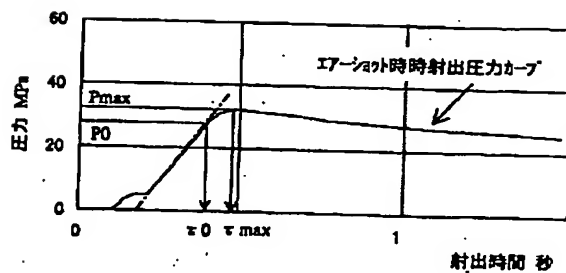
【図6】



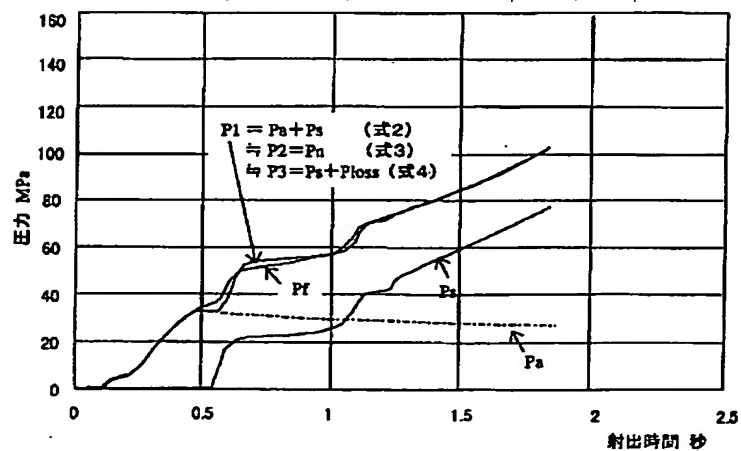
【図4】



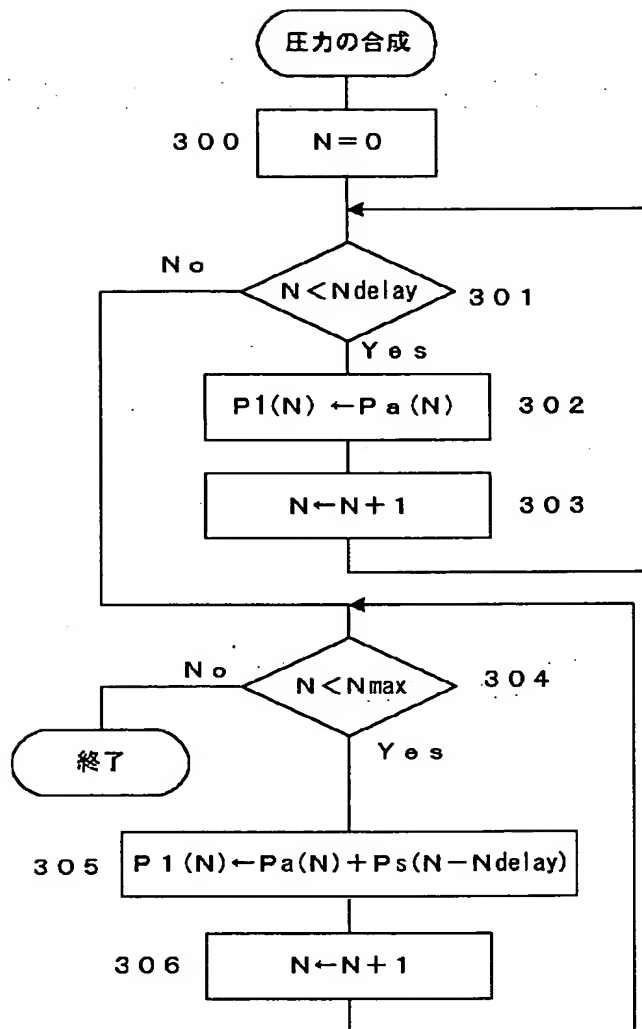
【図5】



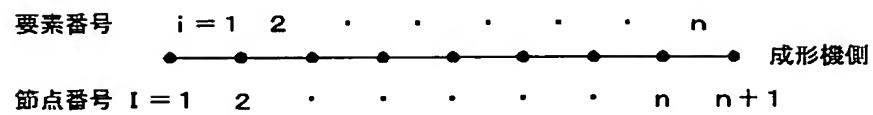
【図8】



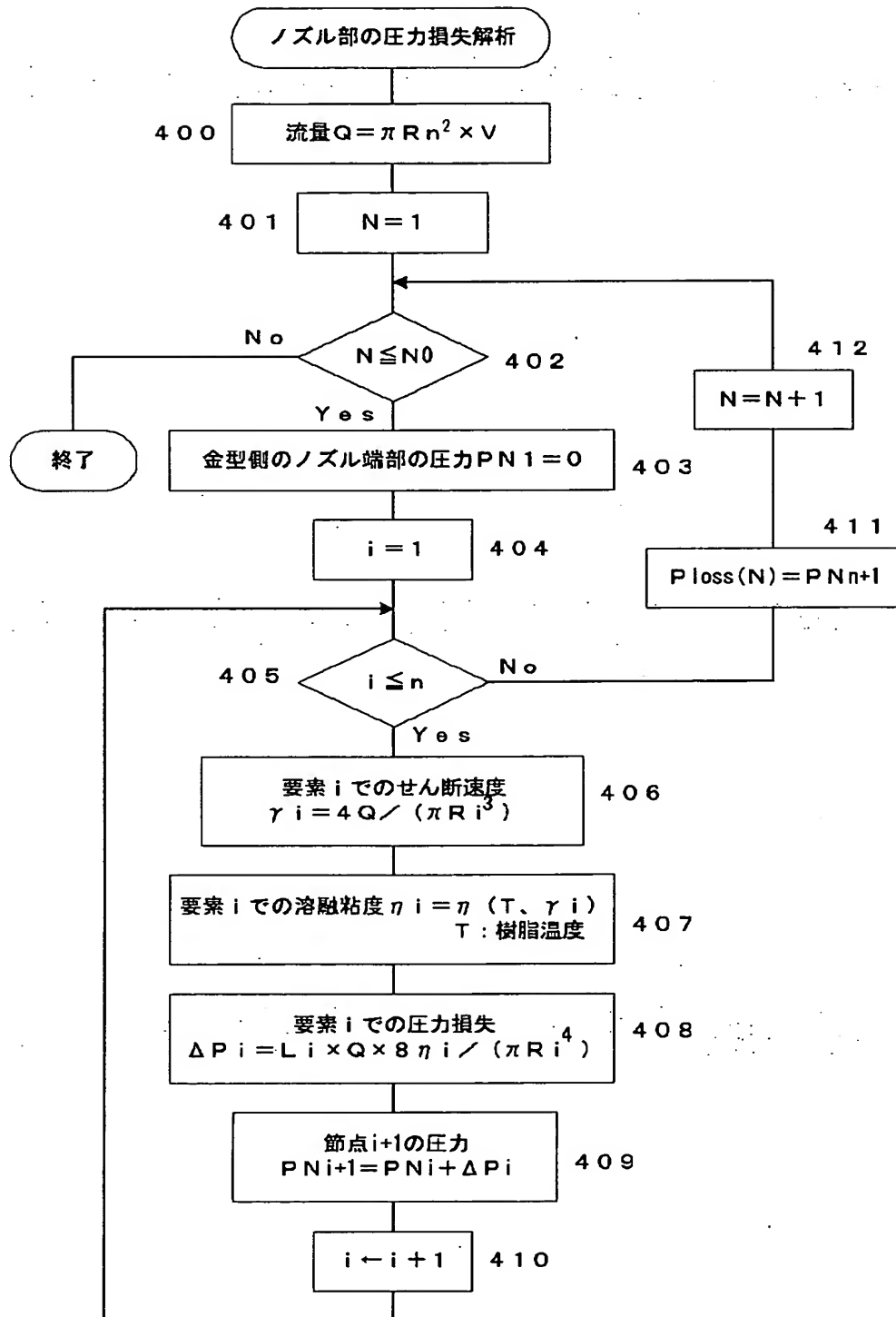
【図7】



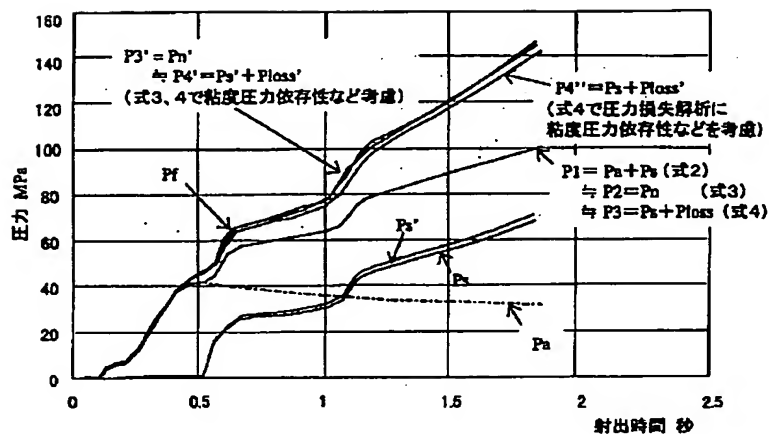
【図9】

要素 i 情報要素長さ L_i 断面直径 (半径) $D_i(R_i)$

【図10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 上口 賢男

山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場3580番

地 ファナック株式会社内

(72)発明者 内山 辰宏

山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場3580番

地 ファナック株式会社内

(72)発明者 西山 秀作

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

(72)発明者 高崎 育史

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

(72)発明者 坂場 克哉

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株

式会社滋賀事業場内

Fターム(参考) 2F055 AA39 BB12 CC60 DD20 EE40

FF28 GG31

4F202 AM23 AP02 AP03 AP05 AP07

AP10 AP13 AP16 CA11 CS00

4F206 AM23 AP026 AP036 AP055

AP073 AP10 AP13 AP16

JA07 JL09 JM03 JM04 JN14

JN25 JP13 JP18 JP30 JQ81

JQ88 JT33 JT35